

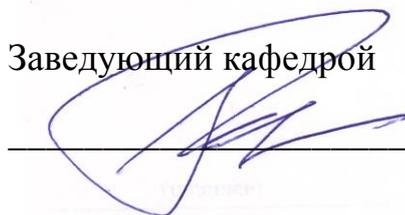
МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»

Институт прикладной математики и компьютерных наук  
Кафедра вычислительной механики и математики

Утверждено на заседании кафедры  
«Вычислительная механика и математика»  
«26» января 2023 г., протокол № 5

Заведующий кафедрой



В.В. Глаголев

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**по выполнению лабораторных работ**  
**по дисциплине (модулю)**  
**«Физико-механический практикум, вычислительный эксперимент»**

**основной профессиональной образовательной программы**  
**высшего образования – программы бакалавриата**

по направлению подготовки  
**01.03.03 Механика и математическое моделирование**

с направленностью (профилем)  
**Механика деформируемого твердого тела**

Форма обучения: очная

Идентификационный номер образовательной программы: 010303-01-23

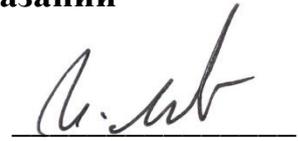
Тула 2023

## Разработчик методических указаний

**Разработчик:**

Лавит И.М., проф., д.ф.-м.н., доц.

(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

№ п/п	Наименования лабораторных работ
<b>7 семестр</b>	
1	Статически неопределимые стержневые системы, работающие на растяжение - сжатие.
2	Статически определимые задачи изгиба стержней.
3	Статически неопределимые задачи изгиба стержней. Аналитическое решение.
4	Статически неопределимые задачи изгиба стержней. Решение методом Ритца.
5	Статически неопределимые задачи изгиба стержней. Решение методом конечных элементов.
6	Изгиб прямоугольной пластинки под действием равномерно распределенной нагрузки. Аналитическое решение.
7	Изгиб прямоугольной пластинки под действием равномерно распределенной нагрузки. Решение методом Ритца.
8	Изгиб прямоугольной пластинки под действием неравномерно распределенной нагрузки и сосредоточенных сил. Решение методом Ритца.
9	Изгиб круглой пластинки под действием равномерно распределенной нагрузки. Аналитическое решение.
10	Изгиб круглой пластинки под действием равномерно распределенной нагрузки. Решение методом Ритца.

<b>8 семестр</b>	
1	Изгиб кольцевой пластинки под действием равномерно распределенной нагрузки. Аналитическое решение.
2	Изгиб кольцевой пластинки под действием равномерно распределенной нагрузки. Решение методом Ритца.
3	Цилиндрическая оболочка под действием внутреннего давления. Аналитическое решение.
4	Цилиндрическая оболочка под действием внутреннего давления. Решение методом Ритца.
5	Свободные изгибные колебания статически неопределимых стержней. Определение частот и форм колебаний методом Ритца.
6	Динамическая задача изгиба статически неопределимых стержней. Решение сведением методом Ритца к задаче Коши для системы обыкновенных линейных дифференциальных уравнений.
7	Динамическая задача изгиба статически неопределимых стержней. Решение методом прямых.
8	Свободные изгибные колебания прямоугольных пластинок. Определение частот и форм колебаний методом Ритца.
9	Динамическая задача изгиба прямоугольных пластинок. Решение методом прямых.
10	Свободные изгибные колебания кольцевых пластинок. Определение частот и форм колебаний методом Ритца.
11	Динамическая задача изгиба кольцевых пластинок. Решение методом прямых.
12	Свободные колебания цилиндрических оболочек. Определение частот и форм колебаний методом Ритца.
13	Динамическая задача деформирования цилиндрических оболочек. Решение методом прямых.
14	Задачи соударения стержней. Решение методом Сен-Венана.
15	Задачи соударения стержней. Решение численным методом прямых.

## 7 семестр

### Лабораторная работа №1

**Тема:** Статически неопределимые стержневые системы, работающие на растяжение - сжатие. (2 часа).

**Цель:** Найти напряжения в стержнях.

**План проведения работы:**

1. Решить статически неопределимую задачу.

### Лабораторная работа №2

**Тема:** Статически определимые задачи изгиба стержней (2 часа).

**Цель:** Определение максимальных напряжений.

**План проведения работы:**

1. Построить эпюры изгибающих моментов, найти опасное сечение и вычислить максимальное напряжение.

### Лабораторная работа №3

**Тема:** Статически неопределимые задачи изгиба стержней. Аналитическое решение. (2 часа).

**Цель:** Определение максимальных напряжений.

**План проведения работы:**

1. Составить и решить систему уравнений для определения реакций связей, построить эпюры изгибающих моментов, найти опасное сечение и вычислить максимальное напряжение.

### Лабораторная работа №4

**Тема:** Статически неопределимые задачи изгиба стержней. Решение методом Ритца. (2 часа).

**Цель:** Определение максимальных напряжений.

**План проведения работы:**

1. Найти координатные функции, удовлетворяющие главным граничным условиям, и составить компьютерную программу, решающую задачу.

### **Лабораторная работа №5**

**Тема:** Статически неопределимые задачи изгиба стержней. Решение методом конечных элементов. (2 часа).

**Цель:** Определение максимальных напряжений.

**План проведения работы:**

1. Выбрать конечный элемент, позволяющий удовлетворить главные граничные условия, и составить компьютерную программу, решающую задачу.

### **Лабораторная работа №6**

**Тема:** Изгиб прямоугольной пластинки под действием равномерно распределенной нагрузки. Аналитическое решение. (2 часа).

**Цель:** Определение максимального прогиба и максимальных напряжений.

**План проведения работы:**

1. Используя метод Навье, получить решение в виде ряда; составить и решить систему уравнений для определения коэффициентов ряда, найти максимальные прогиб и напряжения.

### **Лабораторная работа №7**

**Тема:** Изгиб прямоугольной пластинки под действием равномерно распределенной нагрузки. Решение методом Ритца. (2 часа).

**Цель:** Определение максимального прогиба и максимальных напряжений.

**План проведения работы:**

1. Выбрать координатные функции, удовлетворяющие главным граничным условиям, составить и протестировать компьютерную программу, выполнить необходимые расчеты.

### **Лабораторная работа №8**

**Тема:** Изгиб прямоугольной пластинки под действием неравномерно распределенной нагрузки и сосредоточенных сил. Решение методом Ритца. (2 часа).

**Цель:** Определение максимального прогиба и максимальных напряжений.

**План проведения работы:**

1. Выбрать координатные функции, удовлетворяющие главным граничным условиям, составить и протестировать компьютерную программу, выполнить необходимые расчеты.

### **Лабораторная работа №9**

**Тема:** Изгиб круглой пластинки под действием равномерно распределенной нагрузки. Аналитическое решение. (2 часа).

**Цель:** Определение максимального прогиба и максимальных напряжений.

**План проведения работы:**

1. Получить аналитическое решение задачи; составить и решить систему уравнений для определения постоянных интегрирования, найти максимальные прогиб и напряжения.

### **Лабораторная работа №10**

**Тема:** Изгиб круглой пластинки под действием равномерно распределенной нагрузки. Решение методом Ритца. (2 часа).

**Цель:** Определение максимального прогиба и максимальных напряжений.

### **План проведения работы:**

1. Выбрать координатные функции, удовлетворяющие главным граничным условиям, составить и протестировать компьютерную программу, выполнить необходимые расчеты.

## **8 семестр**

### **Лабораторная работа №1**

**Тема:** Изгиб кольцевой пластинки под действием равномерно распределенной нагрузки. Аналитическое решение. (2 часа).

**Цель:** Определение максимального прогиба и максимальных напряжений.

### **План проведения работы:**

1. Получить аналитическое решение задачи; составить и решить систему уравнений для определения постоянных интегрирования, найти максимальные прогиб и напряжения.

### **Лабораторная работа №2**

**Тема:** Изгиб кольцевой пластинки под действием равномерно распределенной нагрузки. Решение методом Ритца. (2 часа).

**Цель:** Определение максимального прогиба и максимальных напряжений.

### **План проведения работы:**

1. Выбрать координатные функции, удовлетворяющие главным граничным условиям, составить и протестировать компьютерную программу, выполнить необходимые расчеты.

### **Лабораторная работа №3**

**Тема:** Цилиндрическая оболочка под действием внутреннего давления. Аналитическое решение. (2 часа).

**Цель:** Определение максимального прогиба и максимальных напряжений.

**План проведения работы:**

1. Получить аналитическое решение задачи; составить и решить систему уравнений для определения постоянных интегрирования, найти максимальные прогиб и напряжения. Выделить безмоментную зону и зону краевого эффекта.

#### **Лабораторная работа №4**

**Тема:** Цилиндрическая оболочка под действием внутреннего давления. Решение методом Ритца. (2 часа).

**Цель:** Определение максимального прогиба и максимальных напряжений.

**План проведения работы:**

1. Выбрать координатные функции, удовлетворяющие главным граничным условиям, составить и протестировать компьютерную программу, выполнить необходимые расчеты. Выделить безмоментную зону и зону краевого эффекта.

#### **Лабораторная работа №5**

**Тема:** Свободные изгибные колебания статически неопределимых стержней. Определение частот и форм колебаний методом Ритца. (2 часа).

**Цель:** Определить первые пять частот свободных колебаний и соответствующие им собственные формы колебаний.

**План проведения работы:**

Выбрать координатные функции, удовлетворяющие главным граничным условиям, составить и протестировать компьютерную программу, выполнить необходимые расчеты.

## Лабораторная работа №6

**Тема:** Динамическая задача изгиба статически неопределимых стержней. Решение сведением методом Ритца к задаче Коши для системы обыкновенных линейных дифференциальных уравнений. (2 часа).

**Цель:** Определение максимального прогиба и максимальных напряжений.

### План проведения работы:

1. Методом Ритца преобразовать исходную задачу к задаче Коши для системы обыкновенных линейных дифференциальных уравнений. Решить эту систему методом Рунге-Кутты. Вычислить максимальные прогиб и напряжения.

## Лабораторная работа №7

**Тема:** Динамическая задача изгиба статически неопределимых стержней. Решение методом прямых. (2 часа).

**Цель:** Определение максимального прогиба и максимальных напряжений.

### План проведения работы:

1. Методом Кранка-Николсон преобразовать исходное уравнение в конечноразностное уравнение по времени. Составить компьютерную программу, решающую на каждом шаге интегрирования по времени краевую задачу методом Ритца. Вычислить максимальные прогиб и напряжения.

## Лабораторная работа №8

**Тема:** Свободные изгибные колебания прямоугольных пластинок. Определение частот и форм колебаний методом Ритца. (2 часа).

**Цель:** Определить первые пять частот свободных колебаний и соответствующие им собственные формы колебаний.

### План проведения работы:

Выбрать координатные функции, удовлетворяющие главным граничным условиям, составить и протестировать компьютерную программу, выполнить необходимые расчеты.

### **Лабораторная работа №9**

**Тема:** Динамическая задача изгиба прямоугольных пластинок. Решение методом прямых. (2 часа).

**Цель:** Определение максимального прогиба и максимальных напряжений.

**План проведения работы:**

1. Методом Кранка-Николсон преобразовать исходное уравнение в конечноразностное уравнение по времени. Составить компьютерную программу, решающую на каждом шаге интегрирования по времени краевую задачу методом Рунге. Вычислить максимальные прогиб и напряжения.

### **Лабораторная работа №10**

**Тема:** Свободные изгибные колебания кольцевых пластинок. Определение частот и форм колебаний методом Рунге. (2 часа).

**Цель:** Определить первые пять частот свободных колебаний и соответствующие им собственные формы колебаний.

**План проведения работы:**

Выбрать координатные функции, удовлетворяющие главным граничным условиям, составить и протестировать компьютерную программу, выполнить необходимые расчеты.

### **Лабораторная работа №11**

**Тема:** Динамическая задача изгиба кольцевых пластинок. Решение методом прямых. (2 часа).

**Цель:** Определение максимального прогиба и максимальных напряжений.

**План проведения работы:**

1. Методом Кранка-Николсон преобразовать исходное уравнение в конечноразностное уравнение по времени. Составить компьютерную программу, решающую на каждом шаге интегрирования по времени краевую задачу методом Рунге. Вычислить максимальные прогиб и напряжения.

### **Лабораторная работа №12**

**Тема:** Свободные колебания цилиндрических оболочек. Определение частот и форм колебаний методом Рунге. (2 часа).

**Цель:** Определить первые пять частот свободных колебаний и соответствующие им собственные формы колебаний.

**План проведения работы:**

Выбрать координатные функции, удовлетворяющие главным граничным условиям, составить и протестировать компьютерную программу, выполнить необходимые расчеты.

### **Лабораторная работа №13**

**Тема:** Динамическая задача деформирования цилиндрических оболочек. Решение методом прямых. (2 часа).

**Цель:** Определение максимального прогиба и максимальных напряжений.

**План проведения работы:**

1. Методом Кранка-Николсон преобразовать исходное уравнение в конечноразностное уравнение по времени. Составить компьютерную программу, решающую на каждом шаге интегрирования по времени краевую задачу методом Рунге. Вычислить максимальные прогиб и напряжения.

#### **Лабораторная работа №14**

**Тема:** Задачи соударения стержней. Решение методом Сен-Венана. (2 часа).

**Цель:** Определить максимальные напряжения в стержнях и время соударения.

##### **План проведения работы:**

1. Используя решение Сен-Венана, определить входящие в это решение функции исходя из условий соударения. Провести необходимые расчеты.

#### **Лабораторная работа №15**

**Тема:** Задачи соударения стержней. Решение численным методом прямых. (2 часа).

**Цель:** Определить максимальные напряжения в стержнях и время соударения.

##### **План проведения работы:**

1. Методом Кранка-Николсон преобразовать исходное уравнение в конечноразностное уравнение по времени. Составить компьютерную программу, решающую на каждом шаге интегрирования по времени краевую задачу методом Рунге. Вычислить максимальные прогиб и напряжения, а также время соударения.

